

УДК 621.91

В.П. Маршуба, Харьков, Украина

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ОБРАБАТЫВАЕМОЙ  
ПОВЕРХНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ДЕТАЛИ ПРИ  
ГЛУБОКОМ СВЕРЛЕНИИ ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВ***The distribution of temperature over the machined blanket surface and temperature fields in a part at deep one-pass drilling of cast aluminum alloys.*

Для определения потоков и стоков теплоты в обрабатываемой детали при глубоком безвыводном сверлении ( $10...15d$ ) в литейных алюминиях использовали метод измерения температуры встроенными и перерезаемыми хромель-алюмелевыми термопарами. Для расчета температуры, регистрируемой на встроенных термопарах, использовали методику определения количества теплоты на расстоянии 0,5 мм от зоны резания, предложенную проф. Дрожжиным В.И. [1].

Для проведения серии опытов по определению температурных полей в обрабатываемой детали изготовили образцы из литейных алюминиев (см. рис. 1). В образце предварительно сверлили отверстия  $\varnothing 2$  мм в шахматном порядке с интервалом в один диаметр используемого сверла с одной стороны, а с другой со смещением относительно первой группы отверстий на половину диаметра сверла. В эти отверстия зачеканивали термопары, при этом припаивали горячий спай ко дну отверстия. Одна половина термопар устанавливалась таким образом, чтобы их горячий спай в процессе резания перерезался, а вторая половина так, чтобы толщина перемычки между поверхностью  $A_u$  исследуемого отверстия и дном отверстия с припаянным горячим спаем термопары составляла не более 0,5 мм.

Распределение температурных полей в обрабатываемой детали из литейных алюминиев при глубоком безвыводном сверлении зависит от механических свойств алюминиев и от способа подачи СОТС в зону обработки.

Механические свойства обрабатываемого материала (в частности, теплопроводность) влияют на распределение тепловых потоков и стоков, а также на расположение температурных полей прямо пропорционально, так как работа затрачиваемая на отделение и удаление стружки в зоне резания зависит от свойств

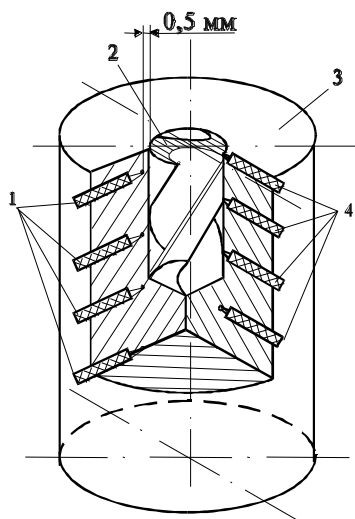


Рисунок 1 – Схема измерения температуры в детали при ГБС отверстий. 1) хромель-алюмелевая термопара; 2) сверло; 3) образец из ЛАС; 4) срезаемая хромель-алюмелевая термопара.

материала заготовки. Кроме этого, механические свойства сильно влияют на рост адгезионного взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов, а следовательно, значительно повышают коэффициент трения при воздействии повышенной температуры.

Распределение потоков и стоков теплоты в детали при глубоким безвыходном сверлении отверстий в алюминиях определяется выражением, являющимся решением дифференциального уравнения теплопроводности и зависит от количества теплоты, полученной в результате работы сил трения по поверхности  $A\alpha$  и работы направленной на деформацию и срез материала.

Определяем температуру на поверхности  $A\gamma$  в местах контакта ее с поверхностью  $A\alpha$  инструмента по формуле, предложенной в работе Г.И. Грановского и др.[2]:

$$\Theta = \frac{2,07\tau_{F1}\sqrt{\xi_1 V}}{\sqrt{\alpha C_\gamma}} \quad (1)$$

где  $\tau_{F1}$  – удельная сила трения по поверхности  $A\alpha$ ,  $\tau_{F1} = \tau_\alpha + \tau_\gamma$ ;

$\xi_1$  – длина контакта поверхности  $A\alpha$  с поверхностью  $A\gamma$  отверстия, мм;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Дж/см с °С;

$c$  – теплоемкость, в Дж/К;

$\gamma$  – удельный вес, в кгс/см<sup>3</sup>

Определяем температуру резания в детали в момент процесса резания по формуле, предложенной в работах А.Н. Резникова и др. [3]:

$$\Theta_P = \frac{g\sqrt{a}}{2\lambda\sqrt{\beta}} \exp\left[-|Y_{и} - Y|\sqrt{\frac{\beta}{a}}\right] \quad (2)$$

где  $\beta = \frac{2\lambda p}{C_p \gamma_0}$ ;

$Y_{и}$  – координаты источника, мм;

$y$  – координаты точки тела, мм;

$p$  – периметр контактной площадки,  $p=(a+b)$ , мм<sup>2</sup>;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности, кал/(см сек град).

Значение  $\lambda$ , по данным работ [3] для алюминия марки А2, равно 0,536 Дж/см с °С;  $C_p=9,64$  кал/см<sup>3</sup> град;  $\omega=0,841$  см<sup>2</sup>/град. Тогда из уравнений 1 и 2 получаем уравнение распределения температуры в детали от воздействия двух источников в зоне резания:

$$\Theta_D = \frac{2,07\tau_{\Gamma}\sqrt{\varepsilon_1 V}}{\sqrt{\lambda C_p}} + \frac{g\sqrt{a}}{2\pi\sqrt{\beta}} \exp\left[-|Y_{и} - Y|\sqrt{\frac{\beta}{a}}\right] \quad (3)$$

Для определения количества теплоты, перешедшей в деталь от стружки в зоне обработки, используем формулу, полученную аналитически, т.е.  $Q'_C = \frac{1}{3}Q_C$ . По данным работы А.Н. Резникова [3], точное количество теплоты, перешедшее в стружку в результате ее деформации ( $Q_{dc}$ ), можно определить по формуле:

$$Q_{PC} = 0,6 \frac{\omega k}{\lambda V} b^* qd \quad (4)$$

где  $k$  – коэффициент продольной усадки стружки,  $k=0,2$ ;

$qd$  – интенсивность источника теплоты, возникающего под воздействием деформации стружки:

$$qd = 3,9 \frac{V \cos \gamma}{abk\sqrt{k^2 - 2k \sin \gamma + 1}} \times \\ \times [(P_z - 0,252\sigma_B b \ell_3)(k - \sin \gamma) - (P_N - 0,252\sigma_B b \ell_3) \cos \gamma] \quad (5)$$

где,  $b^*$  – доля теплоты в том теле, по которому перемещается источник, отсюда:

$$b^* = \frac{1}{1 + 1,33 \frac{k\sqrt{\sin \beta}}{\sqrt{Re_d}}} \quad (6)$$

где,  $Re_d$  – безразмерный критерий Пекле для источника, эквивалентного теплоте деформации:

$$Re_d = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_a}{\omega} \quad (7)$$

Количество теплоты, перешедшее из инструмента в деталь в результате вторичной конвенции потоков теплоты, можно определить по формуле приближенно из-за их значения:

$$Q'_{И} = 0,1Q_{И} \quad (8)$$

Поэтому распределение количества теплоты в зоне обработки, перешедшее в деталь, можно определить по формуле:

$$Q = Q_P + Q_{ТЗ} + Q'_C + Q''_C \quad (8)$$

Теоретический анализ тепловых явлений при ГБС не позволяет учитывать некоторые конкретные условия, имеющие место в процессе резания материала. К ним можно отнести особенности конструкции и заточки сверла, изменение состояния поверхностей и кромок сверла в результате износа, допущенная систематизация процесса и т.д. Поэтому аналитические данные должны быть дополнены результатами непосредственных измерений температуры, как в зоне резания, так и в зоне обработки.

На основе полученных значений распределения температуры на поверхностях и кромках сверла, можно представить распределение температурных полей в теле детали и стружке. Исходя из этого, можно получить картину адгезионного взаимодействия инструментального и обрабатываемого материала в процессе обработки отверстий. На связь тепловых явлений со степенью увеличения либо уменьшения адгезионного взаимодействия указывал в своей работе А.М. Даниелян [4].

Анализ опытных и теоретических данных о направлении потоков и стоков теплоты в детали при обработке отверстий в алюминиях показал, что распределение температурных полей зависит от конфигурации заготовки и расположения канала отверстия относительно внешнего и внутреннего контура детали, свойств обрабатываемого материала (теплопроводность) и т.д. Кроме этого, на расположение температурных полей в детали большое влияние оказывает вторичное пе-

пераспределение потоков и стоков теплоты в системе деталь–сверло–стружка (см. рис. 2 и табл. 1).

Из рисунка 2 и табл. 1 видно распределение температуры обработанной поверхности заготовки, измеренной автором в ходе проведения экспериментов встроенными и перерезаемыми хромель-алюмелевыми термодарами в зоне резания и зоне обработки.

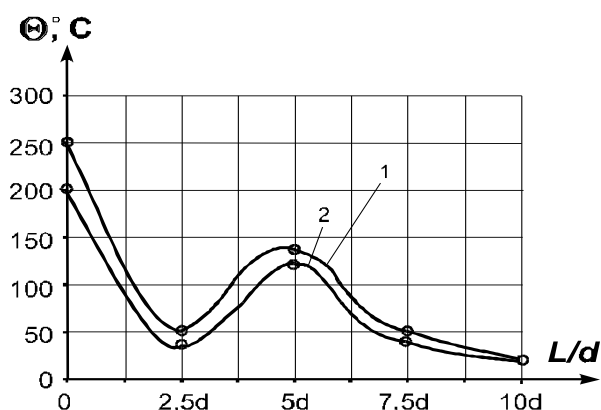


Рисунок 2–Распределение температуры в теле детали в зависимости от глубины сверления. 1) перерезаемая термопара; 2) встроенная термопара.

Таблица 1 – Распределение температуры в теле детали в зависимости от глубины сверления, измеренная перерезаемыми и встроенными термодарами.

	Глубина сверления отверстия, $L/d$				
	0d	2,5d	5d	7,5d	10d
Перерезаемые термодары	250	50	140	50	20
Встроенные термодары	200	40	130	40	20

В интервале глубины сверления от 0d до 2,5d происходит уменьшение температуры с  $250^\circ$  до  $40^\circ\text{C}$ , связанное с теплопроводностью алюминия (конвекцией в тело детали потоков теплоты) и стоком теплоты из зоны обработки за счёт воздействия СОТС рассеиванием в окружающую среду, т.е. условия обработки соответствуют неглубокому сверлению.

В интервале сверления отверстия от 2,5d до 5d происходит рост температуры с  $40^\circ$  до  $140^\circ\text{C}$  связанный с пакетированием стружки в стружечных канавках, т.е. вторичным перераспределением теплоты от стружки в деталь в связи с увеличением точек контакта стружки с поверхностью  $A_y$  в зоне обработки (см. раздел 6).

В интервале глубины сверления от 5d до 10d происходит снижение температуры до  $20^\circ\text{C}$ , вызванное теплопроводностью алюминия, т.е. рассеиванием

теплоты полученной от вторичного источника в зоне обработки и удалением теплоты под воздействием СОТС.

Следовательно, делаем вывод, что закономерность распределения теплоты в детали зависит от тепловой конвенции и теплопроводности алюминия.

Распределение температурных полей (см. рис. 3) в детали, полученное автором в процессе обработки глубоких отверстий.

Исходя из полученных экспериментальных значений о распределении температуры в зоне резания и зоне обработки, температурных полей на поверхности  $A_y$ , в зависимости от глубины сверления, делаем вывод о подтверждении гипотезы о наличии вторичного перераспределения потоков и стоков теплоты (см. рис. 3) в детали в процессе обработки глубоких отверстий.

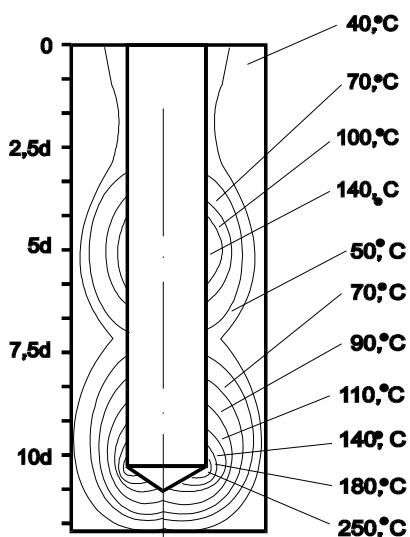


Рисунок 3 – Распределение температурных полей в детали в зависимости от глубины сверления измеренное автором.

Список литературы: 1. Дрожжин В.И. Влияние размера, формы и удаления горячего спая искусственной термопары на регистрируемую температуру. // Резание и инструмент. Респуб. межвед. темат. науч.-техн. сборник: –Х.: Виша школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1976.–Вып. 16–С.30-33. 2. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание материалов. –М.: Высшая школа, 1985.–304 с. 3. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. –М.: Машиностроение, 1981,–279 с. 4. Даниелян А.М. Теплота и износ инструмента при резании металлов. –М.: Машгиз, 1954,–276 с.

Поступила в редакцию 16.03.01

Представлена д-ром техн. наук Дрожжиным В.И.